

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-180279  
(43)Date of publication of application : 26.06.1992

(51)Int.Cl. H01S 3/17  
G02B 6/00  
G02B 6/00  
G02B 6/16  
G02F 1/35  
H01S 3/07  
H01S 3/08  
H01S 3/0915

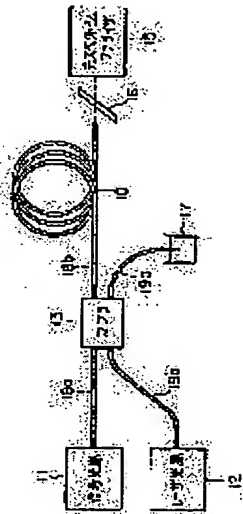
(21)Application number : 02-309022 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
(22)Date of filing : 15.11.1990 (72)Inventor : KOGO TAKASHI  
CHIGUSA YOSHIKI  
MIKAWA IZUMI

(54) OPTICAL AMPLIFIER AND OPTICAL OSCILLATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain sufficient optical amplifying and oscillating gains in a special wavelength band by providing an optical transmission line composed by providing optically functional glass in which Tm3+ is added to propagate a signal light, an exciting light source for generating an exciting light, and optical means for receiving the exciting light in the line.

CONSTITUTION: The other end of an optical fiber 19a connected to the output side of a laser beam source 12 is connected to the input side of a coupler 13, and the end of an optical fiber 18b on the output side of the coupler 13 is connected to one end of an optical fiber 10. Thulium ions (Tm3+) are excited by an exciting beam having a 1.20μm band introduced into the optical transmission line by optical means composed of the coupler 13 and fibers 18a, 18b, 19a, 19b. The part of the Tm3+ is induced by the beam having a 1.5-1.7μm band from the line 10 and the beam having a 1.5-1.7μm band fed back to the line, and the beam having a 1.5-1.7μm band is generated. Thus, an optical amplifying or oscillating in 1.5-1.7μm band can be performed.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-180279

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

H 01 S 3/17

識別記号

庁内整理番号

7630-4M

9017-2K

7630-4M

G 02 B 6/00

H 01 S 3/091

E

J※

⑭ 公開 平成4年(1992)6月26日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 光増幅装置及び光発振装置

⑯ 特 願 平2-309022

⑰ 出 願 平2(1990)11月15日

⑱ 発 明 者 向 後 隆 司 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

⑱ 発 明 者 千 種 佳 樹 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

⑱ 発 明 者 三 川 泉 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式  
会社内

⑲ 出 願 人 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑲ 代 理 人 弁理士 長谷川 芳樹 外3名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

光増幅装置及び光発振装置

2. 特許請求の範囲

1.  $Tm^{3+}$ を活性物質として添加した光機能性ガラスを有して構成され、波長1.5乃至

1.7 $\mu m$ 帯の信号光を伝搬する光伝送路と、  
波長1.20 $\mu m$ 帯の励起光を発生する励起光源と、

前記励起光源からの前記励起光を前記光伝送路内に入射させる光学手段と、  
を備える光増幅装置。

2.  $Tm^{3+}$ を活性物質として添加した光機能性ガラスを有して構成され、波長1.5乃至

1.7 $\mu m$ 帯の光を伝搬する光伝送路と、  
波長1.20 $\mu m$ 帯の励起光を発生する励起光源と、

前記励起光を前記励起光源から前記光伝送路内

に入射させる光学手段と、を備え、

前記光伝送路内からの波長1.5乃至1.7 $\mu m$ 帯の放射光を前記光伝送路にフィードバックする共振器構造が形成されていることを特徴とする光発振装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は波長1.5~1.7 $\mu m$ 帯で使用される光増幅装置及び光発振装置に関する。

(従来の技術)

波長1.5~1.7 $\mu m$ 帯の光通信分野への応用等のため、希土類元素を添加した光ファイバを用いて、ファイバ増幅器、ファイバセンサ及びファイバレーザ等の光増幅・光発振装置を作製する努力がなされている。希土類元素を添加したファイバの中でも、特にエルビウムイオン( $Er^{3+}$ )を添加した石英ガラスをコアとする光ファイバについては多くの報告がなされており、このような光ファイバを使用した光増幅装置では、波長

1.53~1.56  $\mu\text{m}$  帯で光増幅利得が得られることが分かっている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、 $\text{Er}^{3+}$  を添加した光ファイバからなる光増幅装置では、信号光源等として使用する半導体レーザのカバーする波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の範囲に対して十分に対応できていなかった。また、波長1.55  $\mu\text{m}$  帯等の光通信システムの保守等のための障害検出システムに使用するという目的で、例えばより長波長側の波長1.65  $\mu\text{m}$  帯域の光増幅・光発振装置が必要とされる場合があるが、 $\text{Er}^{3+}$  を添加した光ファイバからなる光増幅装置、光発振装置等では、この1.65  $\mu\text{m}$  帯に必ずしも十分に対応できていなかった。

そこで、上述の事情に鑑み、本発明は、 $\text{Er}^{3+}$  を活性物質として用いない光ファイバからなる光増幅装置及び光発振装置であって、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯で十分な光増幅・光発振利得を有する光増幅装置及び光発振装置を提供することを目的としている。

〔作用〕

本発明に係る光増幅装置にあっては、光伝送路中に導入された波長1.20  $\mu\text{m}$  帯の励起光により、活性物質である  $\text{Tm}^{3+}$  を励起し、効率の良い3単位系の発光を可能にする。この励起光の波長1.20  $\mu\text{m}$  は、基底単位  $^3\text{H}_6$  からエネルギー単位  $^3\text{H}_5$  への遷移に対応するからである。つまり、この励起により基底単位  $^3\text{H}_6$  にある原子がエネルギー単位  $^3\text{H}_5$  に一旦ポンピングされ、その後輻射を伴わずに単位  $^3\text{F}_4$  に遷移する。この様なポンピング及び非輻射遷移により、単位  $^3\text{H}_6$  と単位  $^3\text{F}_4$  との間に反転分布が形成されると、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯での発光が可能になる。このとき、励起された  $\text{Tm}^{3+}$  に波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の信号光が入射すると、 $\text{Tm}^{3+}$  は、この信号光に誘導され、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の光を発生する。この結果、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯での光増幅が可能になる。

本発明に係る光発振装置にあっては、光学手段により光伝送路内に導入された波長1.20  $\mu\text{m}$

〔課題を解決するための手段〕

上述の目的を達成するため、本発明に係る光増幅装置は、光伝送路と、励起光源と、光学手段とを備える。ここに、光伝送路は、活性物質としてツリウムイオン ( $\text{Tm}^{3+}$ ) を添加した光機能性ガラスを有して構成され、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の信号光を伝搬する。また、励起光源は、波長1.20  $\mu\text{m}$  帯の励起光を発生する。更に、光学手段は、励起光源からの励起光を光伝送路内に入射させる。

本発明に係る光増幅装置に使用した光伝送路等は、例えばファイバレーザ等の光発振装置にも応用することができる。

具体的には、光発振装置を、上記光伝送路と、励起光源と、光学手段とを備えるように構成する。ここに、励起光源は波長1.20  $\mu\text{m}$  帯の励起光を発生し、光学手段は励起光を励起光源から光伝送路内に入射させる。また、共振器構造は光伝送路内からの波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の放射光を光伝送路にフィードバックする。

帯の励起光によって  $\text{Tm}^{3+}$  が励起される。この励起された  $\text{Tm}^{3+}$  の一部は、光伝送路内からの波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の放出光と、共振器構造によって光伝送路内にフィードバックされた波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の光とによって誘導され、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の放出光を発生する。これを繰り返すことにより、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯での光発振が可能になる。

〔実施例〕

以下、本発明の光増幅装置の実施例について説明する。

第1図に、波長1.5~1.7  $\mu\text{m}$  帯の光増幅装置であるファイバ増幅器を示す。

信号光源11としては、レーザダイオードが使用されている。この信号光源11の出力側には、光ファイバ18aの一端が光学的に接続されており、この光ファイバ18aの他端はカプラ13の入力側に接続されている。また、励起光源であるレーザ光源12としては、レーザダイオードが使用されている。このレーザ光源12の出力側には、

光ファイバ19aの一端が光学的に接続されており、この光ファイバ19aの他端はカブラ13の入力側に接続されている。

カブラ13の出力側からは2本の光ファイバ18b、19bが延び、一方の光ファイバ19bの終端は戻り光防止用のマッティングオイル17に浸漬されており、他方の光ファイバ18bの終端は光伝送路である光ファイバ10の一端にコネクタ等を介して接続されている。この光ファイバ10の他端の出力側には光スペクトラムアナライザ15が設けられており、これらの間にはフィルタ16が介在されている。

ここに、カブラ13は、2本の光ファイバ18、19の融着延伸によって作製されたもので、このカブラ13とファイバ18a、18b、19a、19bとは光学手段を構成する。

また、光ファイバ10は長さ2mのSMファイバであり、 $Tm^{3+}$ を添加した石英ガラス製のコアを備えている。

以下、第1図のファイバ増幅器の動作について

起光については、フィルタ16によってカットされることとなる。このため、光スペクトラムアナライザ15には増幅された信号光のみが入射することとなり、 $Tm^{3+}$ を添加した光ファイバによる光増幅の利得が測定できる。

第1図のファイバ増幅器の利得増大の原理について、第2図を用いて簡単な説明を行う。

第2図は、石英ガラス等のガラス試料に添加された $Tm^{3+}$ のエネルギー準位を模式的に示した図である。

光ファイバに導入された $1.20\mu m$ の励起光によってそのコア中の $Tm^{3+}$ が励起され、その基底準位 $^3H_6$ にある原子が準位 $^3H_5$ に一旦遷移する。その後、励起された電子はフォノン等のエネルギーを放出して緩和され準位 $^3F_4$ に遷移する。このようなポンピングにより、準位 $^3H_6$ と準位 $^3F_4$ との間に反転分布が形成されると、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯をピークとした3単位系の発光が可能になる。この結果、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯での効果的な誘導放出が可能になる。

簡単な説明を行う。

レーザ光源12は、波長 $1.20\mu m$ 帯の励起光を出力する。この励起光は、光ファイバ19aを介してカブラ13に入射し、更に光ファイバ18bを介して光ファイバ10内に入射する。励起光が入射する光ファイバ10のコアには活性物質として $Tm^{3+}$ が添加されているため、この励起光によって所定の状態に励起された $Tm^{3+}$ は、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の発光が可能な状態になる。

信号光源11から出力された波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の信号光は、光ファイバ18aを介してファイバカブラ13に入射する。カブラ13に入射した信号光は、レーザ光源12からの励起光と結合されて光ファイバ10内に入射する。光ファイバ10に入射した信号光は、ポンピングされた $Tm^{3+}$ を誘導して波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の誘導放出光を生じさせる。

光ファイバ10の出力側からは、励起光と増幅された信号光とが出力されるが、これらのうち、励

第1図のファイバ増幅器について得られた光増幅利得の測定結果について説明する。

レーザ光源12から光ファイバに入射する励起光の波長を $1.21\mu m$ とし、その出力を $30mW$ とした。また、信号光源11から光ファイバに入射する信号光の波長を $1.65\mu m$ とし、その出力を $1\mu W$ とした。光スペクトラムアナライザ15による測定結果から、実施例のファイバ増幅器の光増幅利得は約6dBであることがわかった。

比較のため、励起光源を $1.21\mu m$ から $0.8\mu m$ 帯のものにかえ、同様の実験を行ったところ、光増幅利得は1dB程度であった。これは、波長 $0.8\mu m$ 帯の励起光によって準位 $^3H_6$ から準位 $^3H_4$ にポンピングされた原子が非輻射遷移過程において準位 $^3F_4$ にとどまらず準位 $^3H_6$ まで緩和されるなどして、準位 $^3H_6$ と準位 $^3F_4$ との間の反転分布が有効に形成されないためであると考えられる。

第3図に、参考のため、第1図のファイバ増幅器に使用した光ファイバ10の構造を示した。

光ファイバ10は、石英に $Tm$ を添加したコアと石英に弗素(F)を添加したクラッドとを備える。そのコア径は $6\mu m$ で、その外径は $125\mu m$ である。また、これらのコア及びクラッドの比屈折率差 $\Delta$ は約0.7%である。

以下に、第3図の光ファイバの作製について簡単な説明を行う。

まず、光伝送路である光ファイバのコア材として、トリウムイオンを酸化物の状態で添加した石英ガラスを熔融し棒状に形成し、コア用のガラスロッドとする。この石英ガラスに添加した活性物質である $Tm^{3+}$ の濃度は重量で300ppmとする。次に、弗素を添加した石英ガラスを熔融・形成し、クラッドパイプとする。クラッドパイプには $Tm^{3+}$ を添加していない。これらのコアロッド及びクラッドパイプをロッドインチューブ法によりプリフォームに形成する。このプリフォームを公知の練引き装置にセットし、光ファイバに練引きする。この結果、すでに述べたように、コア径 $6\mu m$ で外径 $125\mu m$ のSMファイバが得られ

この出力端とレーザダイオードの端面とは共振器を構成する。この結果、励起光の出力が所定値を超えると波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯のいずれかの波長でレーザ発振が生じる。

なお、本実施例の光ファイバではコアに使用するマトリックスガラスとして石英ガラスを使用した。マトリックスガラスの組成はこれに限られるものではない。例えば、珪酸塩ガラス、燐酸塩ガラス及び弗化物系ガラス等を使用しても良い。この様にマトリックスガラスの組成を変更することで、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の範囲で発光若しくは誘導放出の波長を調節することもできる。

また、本発明の光伝送路は上記の光ファイバに限定されるものではない。例えば、上記 $Tm^{3+}$ 添加ガラスを平面導波路等に形成しても良い。ただし、光ファイバに形成することが長尺の光伝送路を得る点では望ましい。光損失が少ないこと等を利用すれば、低閾値で $Tm^{3+}$ に反転分布を生じさせることができるからである。

更に、ファイバレーザに使用した共振器は、

このSMファイバを測定のため長さ2mの試料に切り出し、ファイバ増幅器用の光ファイバ10とする。

以下、本発明の光発振装置の実施例について説明する。

第4図に、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の光発振装置であるファイバレーザを示す。

レーザ光源12は、第1図のファイバ増幅器に使用したもので、波長 $1.21\mu m$ のレーザダイオード(LD)である。 $Tm^{3+}$ を添加した光ファイバ10もまた上記ファイバ増幅器に使用したものである。

LDからの波長 $1.21\mu m$ の励起光は、レンズ、光コネクタ等の適当な手段によって光ファイバ28内に導入される。この励起光は、光ファイバ28の終端から $Tm^{3+}$ を添加した光ファイバ10内に入射する。この励起光により光ファイバ内の $Tm^{3+}$ が所定の状態に励起され、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯の発光が可能になる。ここで、光ファイバ10の出力端を鏡面に仕上げているため、

誘電体ミラー等を使用するタイプのものであってもよい。

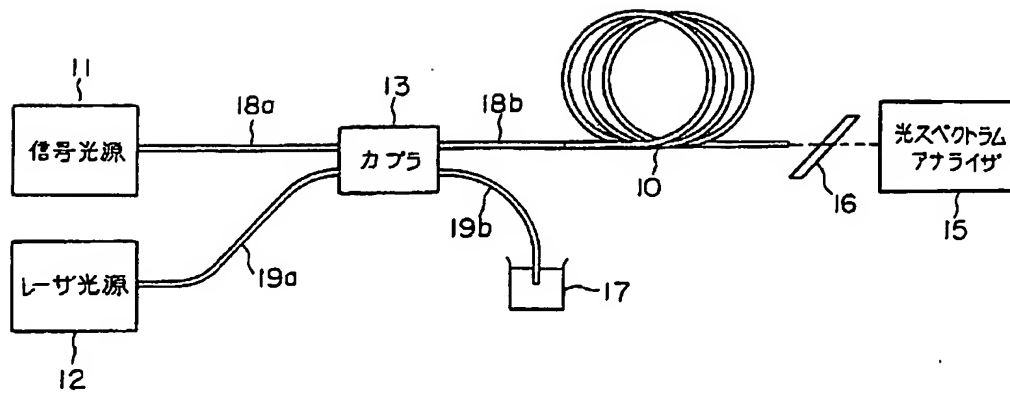
〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明に係る光増幅装置又は光発振装置によれば、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯での $Tm^{3+}$ 発光を可能にする波長 $1.20\mu m$ 帯の励起光の存在により、波長 $1.5\sim 1.7\mu m$ 帯での光増幅又は光発振が可能になる。

#### 4. 図面の簡単な説明

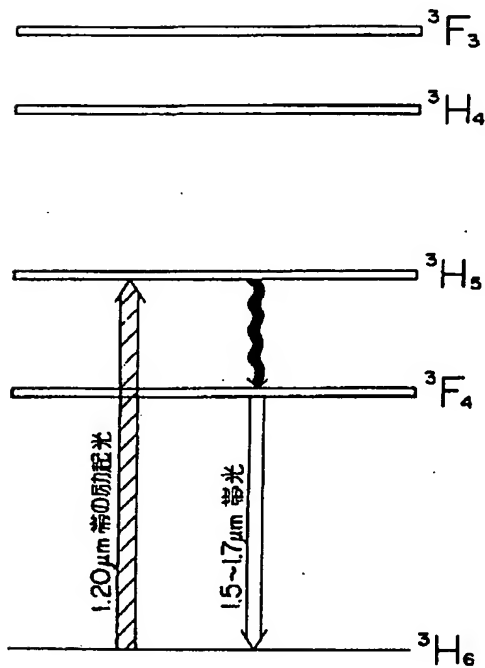
第1図は本発明による光増幅装置の実施例を示した図、第2図は波長 $1.20\mu m$ 帯の励起光による $Tm^{3+}$ 励起を説明するための図、第3図は第1図の光増幅装置に用いる光ファイバの構造を示した図、第4図は本発明による光発振装置の実施例を示した図である。

10…光伝送路である光ファイバ、12…波長 $1.20\mu m$ 帯の励起光源、13、18、19、28…光学手段。



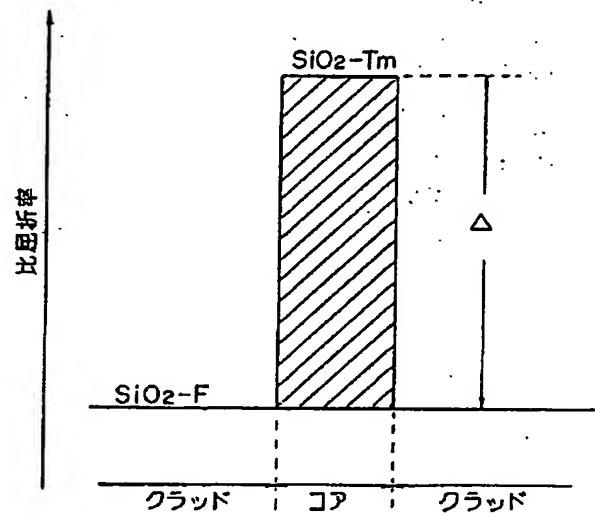
ファイバ増巾器の実施例

第1図



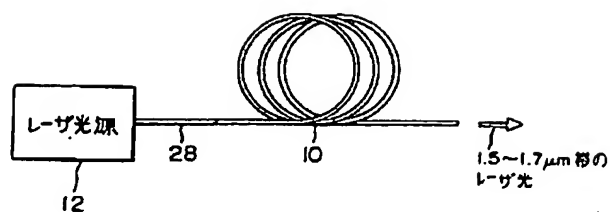
$Tm^{3+}$  のエネルギー準位

第2図



Tm添加ファイバ

第3図



ファイバレーザの実施例

第4図

第1頁の続き

⑤Int. Cl.<sup>9</sup>

G 02 B 6/00

識別記号

3 7 6 B

庁内整理番号

7036-2K

G 02 F 6/16

H 01 S 1/35

3/07

3/08

3/0915

5 0 1

7036-2K

7246-2K

7630-4M

7630-4M

H 01 S 3/08

Z